# 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮发酵品质和营养价值的影响

郑会超[1]　杨金勇[2]　应如朗[3]　黄　新[1]　吴建良[1]　蒋永清[1*]

（1.浙江省农科院畜牧兽医研究所，杭州 310021；2.浙江省畜牧技术推广总站，杭州 310021；3.宁波余姚联盛牧场，宁波 315400）

摘　要：本试验旨在研究凋萎和添加剂对稻草裹包青贮发酵品质和营养价值的影响。10 月底收割的鲜稻草和凋萎 24 h 稻草（干鲜比分别为 36.5%、42.3%）均设 4 个组，即对照组、糖蜜组（单独添加糖蜜）、青贮宝组（单独添加青贮宝）和糖蜜+青贮宝组（糖蜜和青贮宝联合添加），每组制作 3 包。常温裹包青贮 50 d 后，开包采样进行感官品质、发酵参数和营养价值评定。结果显示：无论鲜稻草是否凋萎，稻草单独难以青贮成功，添加剂糖蜜、青贮宝的添加有利于稻草的裹包青贮；单独添加青贮宝显著降低凋萎稻草青贮的氨态氮（$NH_3$-N）含量（$P<0.05$）；单独添加糖蜜显著提高凋萎稻草青贮的乙酸含量（$P<0.05$），显著降低凋萎稻草青贮的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量（$P<0.05$）；联合添加糖蜜和青贮宝可显著提高鲜稻草或凋萎稻草青贮的粗蛋白质（CP）含量和钙（Ca）含量（$P<0.05$），显著降低鲜贮稻草青贮的 NDF 含量（$P<0.05$），显著降低凋萎稻草青贮的 $NH_3$-N 含量（$P<0.05$），显著增加凋萎稻草青贮的乙酸、丙酸和丁酸含量（$P<0.05$）。凋萎显著降低稻草青贮的干物质回收率和丙酸含量（$P<0.05$），提高稻草青贮的 CP 和 $NH_3$-N 含量（$P<0.05$）。综上，稻草单独青贮难于成功，添加糖蜜和青贮宝有利于提高稻草青贮的发酵品质，稻草青贮前凋萎要适度。

关键词：稻草；裹包青贮；凋萎；糖蜜；青贮宝；发酵品质；营养价值

中图分类号：　S816.5　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

我国稻草产量可观，分布广泛，然而自然风干的稻草有机物和粗蛋白质（CP）含量低，结构性碳水化合物含量高且消化率低，影响稻草饲用价值的开发。青贮不仅能有效保持青绿饲料的营养特性，而且还能改善饲料的适口性、提高消化率、延长贮存时间。与传统窖贮相比，拉伸膜裹包青贮操作灵活，打捆工艺使得青贮原料的装填密度大大提高，从而利于乳酸菌厌氧发酵。此外，裹包青贮料取用方便，开包即食，基本不存在二次发酵问题[1]。然而，受稻草秸秆表面蜡质层和富含二氧化硅的影响，其茎叶上附着的乳酸菌较少，可溶性碳水化合物(WSC)含量低，结构疏松不易压实，常规青贮法很难生产出优质的青贮稻草[2]。

糖蜜、葡萄糖、乳酸菌、纤维素酶等添加剂常用于改善青贮饲料发酵品质，在稻草、芦笋茎

收稿日期：2016-07-28

基金项目：浙江省农科院院地合作项目（HZ20160002，LS20150001）

作者简介：郑会超（1976—），女，河北保定人，博士，从事草食动物饲料资源开发和高效生态养殖研究。E-mail:　zhc_616@163.com

*通信作者：蒋永清，研究员，硕士生导师，E-mail:　jyq61@sohu.com

叶等不易青贮原料上获得了较理想的添加效果[2-3]。除添加剂外，原料本身的含水量也是影响青贮品质的一个重要因素。含水量过高，可溶性营养物质容易随渗出液流失并导致梭菌发酵；含水量过低，不利于压实，容易引起好氧霉变和有机物损失[4-5]。因此，在研究添加剂对青贮品质的影响时，还需要综合考虑原料含水量的影响。

为提高稻草青贮品质，本试验拟观测糖蜜和青贮宝对凋萎前后稻草裹包青贮品质的影响，探索稻草青贮制作适宜方法，为稻草饲料化利用提供依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 青贮材料

鲜稻草于 2015 年 10 月 27—28 日由人工在浙江省宁波市余姚临山镇捡拾，水稻品种为晚粳稻宁 88，在成熟期收获，机收留茬高度 35 cm。鲜稻草呈草绿色，凋萎 24 h 稻草呈黄绿色，均具草香味。凋萎 24 h 稻草和当天收获捡拾的鲜稻草分别用秸秆揉碎机铡短成 10 cm 左右。鲜稻草和凋萎 24 h 稻草的干鲜比为分别为 36.5%、42.3%。稻草的营养成分以风干基础计，干物质（DM）含量为 93.9%，CP 含量为 12.8%，中性洗涤纤维（NDF）含量为 62.7%，酸性洗涤纤维（ADF）含量为 37.3%，粗灰分（Ash）含量为 12.6%，WSC 含量为 5.6%。鲜稻草附着的乳酸杆菌数量为 $2.0\times10^{6}$ cfu/g，酵母菌数量为 $6.2\times10^{5}$ cfu/g，霉菌数量 $7.4\times10^{4}$ cfu/g。

糖蜜购自慈溪佳丰饲料有限公司，含糖量 40%，每吨青贮原料按 2.5%的添加量添加。青贮宝购自宝来利来生物工程股份有限公司，主要由戊糖片球菌、植物乳杆菌、细菌促生长因子、纤维素酶、半纤维素酶、载体等组成，活菌总数大于 $1.0\times10^{9}$ cfu/g，每吨青贮原料按 20 g 的添加量添加。

## 1.2 青贮制作

鲜稻草和凋萎 24 h 稻草均设 4 个组，即对照组、糖蜜组（单独添加糖蜜）、青贮宝组（单独添加青贮宝）和糖蜜+青贮宝组（糖蜜和青贮宝联合添加），每组制作 3 包。青贮宝溶于水，立即用普通喷雾器，以 2 L/t 稻草鲜重的比例，将青贮宝喷洒于铡短的稻草上；糖蜜直接用大塑料勺人工洒于稻草上，尽量均匀；对照组喷洒与青贮宝液等量的蒸馏水。喷洒完毕后即用压捆机进行打捆，圆柱形青贮捆高度 50 cm，直径 50 cm，之后用 3 层拉伸膜裹包。每捆称重并贴上标签，所有裹包稻草 3 层捆竖放，置于水泥地面露天贮存。

## 1.3 采样与指标分析

### 1.3.1 采样

青贮制作过程中，对鲜稻草取样，冰盒中保存，带回实验室于-20 ℃保存。青贮后第 7 周，所有组的青贮裹包首先进行破损程度、汁液渗出等外观测评后称重，然后将包膜取掉，依据农业

部《青贮饲料质量评定标准(试行)》[6]，进行颜色、气味、质地的感官评定，最后剪掉青贮捆麻绳，取每个青贮捆的中上部好的样品约 1 kg。所有样品装入冰盒，带回实验室，一部分样品冷藏，一部分样品放入上海精宏 DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱于 65 ℃鼓风烘干 48 h。

1.3.2 指标测定

取冷藏的青贮样品或青贮原料 30 g 放入加厚自封袋，加入 200 mL 8‰NaCl 拍打混匀，4 层粗纱布过滤，滤液即用梅特勒 Delta 320 测 pH，之后 13 000×*g* 离心，一部分上清液采用安捷伦 1200 系列高效液相色谱仪测定乳酸、乙酸、丙酸和丁酸含量[7]，一部分上清液采用苯酚-次氯酸钠比色法测定氨态氮（$NH_3$-N）含量[8]。将 65 ℃烘干 48 h 后得到风干样称重，计算干鲜比。风干样粉碎过 1 mm 筛，采用上海精宏 DHG-9076A 电热恒温鼓风干燥箱于 105 ℃鼓风烘干 4 h 测定 DM 含量，采用意大利 VELP 公司 UDK152 全自动凯氏定氮仪测定 CP 含量，参考 Van Soest 等[9]的方法测定 NDF、ADF 含量，采用上海精宏 SXL-1008 程控箱式电炉于 550 ℃灼烧 7 h 测定 Ash 含量，采用 GB/T 13885-2003 的方法测定钙（Ca）含量，采用 GB/T 6437-2002 的方法测定磷（P）含量，采用蒽酮-硫酸比色法测定 WSC 含量。

干物质回收率（DMR）计算公式如下：

DMR(%)=[(开封时裹包青贮重×青贮 DM 含量)/(青贮前裹包原料重×原料 DM 含量)]×100。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2003 对原始数据进行处理，采用 SPSS 16.0 进行双因素方差分析，采用 Duncan 氏法进行多重比较。$P<0.05$ 视为差异显著；$0.05\leqslant P\leqslant 0.10$ 视为具有差异显著的趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮感官品质的影响

凋萎和添加剂对稻草裹包青贮感官品质的影响见表 1。无论鲜稻草是否凋萎，稻草单独青贮的成功率较低，3 包中的 1 包明显发霉、散发出淡淡霉味、黏手。无论鲜稻草是否凋萎，糖蜜、青贮宝等添加剂均有利于稻草裹包青贮，开包后的稻草青贮均呈亮黄色，酸香味或酸味友好，质地松软，组织结构清晰，松散不黏手，肉眼均未见霉斑。

表 1 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮感官品质的影响

Table 1 Effects of wilting and additives on sensory quality of round-baled rice straw silages

| 项目 Items | | 颜色 Colour | 气味 Smell | 质地 Texture | 其他 Others |
|---|---|---|---|---|---|
| 鲜稻草 Fresh | 对照组 Control group | 浅黄褐色 | 酸味，1 包淡霉味 | 松软，组织结构清晰，1 包黏手 | 1 包可见密集白色霉斑 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| rice straw | 糖蜜组 Molasses group | 亮黄色 | 酸香味 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 亮黄色 | 酸味友好 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses group+*Qingzhubao* group | 亮黄色 | 酸香味 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |
| 凋萎稻草 Wilting rice straw | 对照组 Control group | 浅黄褐色 | 酸味，1 包淡霉味 | 松软，组织结构清晰，1 包黏手 | 1 包可见密集白色霉斑 |
| | 糖蜜组 Molasses group | 亮黄色 | 酸香味 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 亮黄色 | 酸味友好 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses group+*Qingzhubao* group | 亮黄色 | 酸香味 | 松软，组织结构清晰，松散不黏手 | 肉眼未见霉斑 |

### 2.2 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮发酵参数的影响

凋萎和添加剂对稻草裹包青贮发酵参数的影响见表 2。凋萎显著降低青贮稻草的 DMR 和丙酸含量（$P$＜0.05），显著提高 $NH_3$-N 含量（$P$＜0.05），具有提高乳酸含量（$P$=0.078）、降低乙酸（$P$=0.069）和丁酸含量（$P$=0.073）的趋势；添加剂显著降低青贮稻草的 $NH_3$-N 含量（$P$＜0.05），显著提高乙酸和丙酸含量（$P$＜0.05），具有降低 pH 的趋势（$P$=0.072）。除单独添加青贮宝可显著降低凋萎稻草青贮的 $NH_3$-N 含量、单独添加糖蜜可显著增加凋萎稻草青贮的乙酸含量（$P$＜0.05）外，单独添加糖蜜或青贮宝并未显著影响鲜稻草或凋萎稻草青贮的发酵参数（$P$>0.05）；联合添加糖蜜和青贮宝则显著提高凋萎稻草青贮的乙酸、丙酸和丁酸含量（$P$＜0.05），显著降低凋萎稻草青贮的 $NH_3$-N 浓度（$P$＜0.05），对鲜稻草青贮的发酵参数未产生显著影响（$P$>0.05）。除丁酸含量外，凋萎和添加剂对稻草青贮的发酵参数不存在显著的交互作用（$P$>0.05）。

表 2 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮发酵参数的影响

Table 2 Effects of wilting and additives on fermentation parameters of round-baled rice straw silages

| 组别 | pH | 氨态氮 $NH_3$-N | 干鲜比 DM to | 干物质回收率 | 乳酸 LA | 乙酸 AA | 丙酸 PA ‰ FM | 丁酸 BA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| Groups | | | /% TN | FM ratio /% | DMR/% | /‰ FM | ‰ FM | | /‰ FM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 鲜稻草 Fresh rice straw | 对照组 Control group | 4.17 | 5.8 | 38.4 | 95.1 | 31.6 | 8.5 | 0.44 | 2.69 |
| | 糖蜜组 Molasses group | 3.97 | 4.3 | 39.2 | 94.8 | 29.4 | 8.1 | 0.34 | 2.66 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 3.94 | 4.1 | 38.4 | 94.9 | 29.3 | 8.0 | 0.36 | 1.71 |
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses +*Qingzhubao* group | 3.90 | 4.3 | 38.3 | 95.7 | 36.5 | 11.0 | 0.72 | 2.11 |
| 凋萎 稻草 Wilting rice straw | 对照组 Control group | 4.18 | 8.2 | 36.5 | 84.2 | 36.3 | 5.9 | 0.005 | 0.98 |
| | 糖蜜组 Molasses group | 4.03 | 7.5 | 36.7 | 86.2 | 41.4 | 9.1* | 0.005 | 1.44 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 4.10 | 6.1* | 37.2 | 90.2 | 33.3 | 5.5 | 0.005 | 1.44 |
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses +*Qingzhubao* group | 4.00 | 5.6* | 39.0 | 89.4 | 38.9 | 9.8* | 0.568* | 3.09* |
| SEM | | 0.083 | 0.547 | 0.997 | 2.075 | 4.350 | 0.959 | 0.140 | 0.410 |
| *P* 值 *P*-value | | | | | | | | | |
| 凋萎 Wilting | | 0.158 | <0.001 | 0.102 | <0.001 | 0.078 | 0.069 | 0.005 | 0.073 |
| 添加剂 Additives | | 0.072 | 0.006 | 0.698 | 0.415 | 0.534 | 0.007 | 0.011 | 0.123 |
| 凋萎×添加剂 Wilting× additives | | 0.832 | 0.340 | 0.429 | 0.478 | 0.702 | 0.259 | 0.778 | 0.024 |

数据肩标#表示与同列鲜稻草对照组相比差异显著（$P<0.05$），数据肩标*表示与同列凋萎稻草对照组相比差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values with shoulder # indicated significant difference compared with control group of fresh rice straw in the same column （$P$<0.05）; values with shoulder * indicated significant difference compared with control group of wilting rice straw in the same column （$P$<0.05）. The same as below.

2.3 凋萎和添加剂对稻草裹包青贮营养成分的影响

凋萎和添加剂对稻草裹包青贮营养成分的影响见表 3。凋萎显著增加稻草青贮的 CP 含量（$P$<0.05），显著提高 P 含量（$P$<0.05），显著降低 Ca 含量（$P$<0.05）；添加剂显著增加稻草青贮的 CP 含量（$P$<0.05），显著提高 Ca 含量（$P$<0.05），显著降低 NDF 和 ADF 含量（$P$<0.05）。除单独添加糖蜜可显著降低凋萎稻草青贮的 NDF 和 ADF 含量（$P$<0.05）外，单独添加糖蜜或青贮宝未显著影响鲜稻草或凋萎稻草青贮的营养成分（$P$>0.05）；联合添加糖蜜和青贮宝则显著提高鲜稻草或凋萎稻草青贮的 CP 和 Ca 含量（$P$<0.05），显著降低鲜稻草青贮的 NDF 含量（$P$<0.05）。凋萎和添加剂对稻草青贮的营养成分不存在显著的交互作用（$P$>0.05）。

表 3　凋萎和添加剂对稻草裹包青贮营养成分的影响(风干基础)

Table 3　Effects of wilting and additives on nutrient composition of round-baled rice straw silages (air-dry basis)　%

| 项目 Items | | 含量 Content | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 干物质 DM | 粗蛋白质 CP | 中性洗涤纤维 NDF | 酸性洗涤纤维 ADF | 粗灰分 Ash | 钙 Ca | 磷 P |
| 鲜稻草 Fresh rice straw | 对照组 Control group | 95.0 | 6.1 | 61.3 | 36.4 | 13.8 | 0.53 | 0.13 |
| | 糖蜜组 Molasses group | 94.8 | 6.1 | 60.2 | 35.3 | 13.7 | 0.54 | 0.14 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 94.9 | 6.1 | 61.0 | 35.9 | 13.3 | 0.52 | 0.14 |
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses +*Qingzhubao* group | 95.7 | $7.1^{\#}$ | $58.1^{\#}$ | 35.0 | 13.6 | $0.63^{\#}$ | 0.13 |
| 凋萎稻草 Wilting rice straw | 对照组 Control group | 95.3 | 6.5 | 61.9 | 36.6 | 12.8 | 0.43 | 0.16 |
| | 糖蜜组 Molasses group | 94.5 | 6.9 | $58.2^{*}$ | $34.5^{*}$ | 13.9 | 0.48 | 0.15 |
| | 青贮宝组 *Qingzhubao* group | 95.2 | 6.8 | 62.3 | 38.1 | 13.0 | 0.41 | 0.15 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 糖蜜+青贮宝组 Molasses +*Qingzhubao* group | 94.2 | 7.3* | 59.4 | 35.4 | 12.2 | 0.50* | 0.14 |
| SEM | | 0.318 | 0.169 | 0.934 | 0.560 | 0.532 | 0.018 | 0.006 |
| *P* 值 *P*-value | | | | | | | | |
| 凋萎 Wilting | | 0.168 | <0.001 | 0.662 | 0.224 | 0.116 | <0.001 | <0.001 |
| 添加剂 Additives | | 0.432 | <0.001 | 0.009 | 0.004 | 0.374 | <0.001 | 0.466 |
| 凋萎×添加剂 Wilting×additives | | 0.050 | 0.329 | 0.292 | 0.102 | 0.454 | 0.280 | 0.104 |

## 3 讨 论

### 3.1 凋萎对稻草青贮发酵品质和营养成分的影响

过高或过低的含水量均不利于青贮。有研究表明，含水率在 60%～75%范围内，低含水率青贮往往优于高含水率青贮的发酵品质，降低青贮原料的水分含量可浓缩 WSC 含量，从而有助于促进乳酸发酵，还能在一定程度上抑制不良发酵、酶的作用和植物细胞的呼吸活动，从而减少营养物质的损失，提高青贮品质[10-11]。然而，对降低青贮原料中水分含量的作用也有其他观点，Kim 等[12]和 Manyawu 等[13]的研究发现，水分含量降低导致 pH 升高和乳酸等含量降低，影响青贮品质。本研究发现，凋萎对稻草青贮的 pH 影响不显著，显著增加稻草青贮的 CP 和 $NH_3$-N 含量，显著降低 DMR，表明低水分稻草青贮的不良发酵较多，CP 降解率较高，与 Conaghan 等[14]对黑麦草的研究结果一致。含水量对青贮品质的影响尚没有定论，这可能与不同青贮原料的特性有关。因此，针对不同的原料青贮前是否需要降低水分含量以及降低多少需要区别对待，适度凋萎以保证青贮原料适宜的含水量。本研究发现，凋萎显著降低稻草青贮的 Ca 含量，显著提高 P 含量，可能是凋萎稻草青贮的干鲜比降低，Ca 随汁液流出，而 P 与植酸结合牢固，不易流失。

### 3.2 添加剂对稻草青贮发酵品质和营养成分的影响

本研究发现，无论鲜稻草是否凋萎，糖蜜、青贮宝的添加均可以提高稻草裹包青贮的成功率，改善感官品质，具有降低稻草青贮 pH 的趋势，与前人报道[2,15]一致。青贮质量的优劣取决于乳酸菌的发酵作用，乳酸菌能够分解糖产生的乳酸使 pH 下降，抑制所有微生物的活动，达到长期保存饲料的目的。青贮 pH 越低，越有利于抑制梭状芽孢杆菌的活性，减少发酵损失。添加糖蜜是为发酵补充 WSC，有研究表明，适量的糖蜜可以促进乳酸菌和酵母菌繁殖，促进青贮原料细胞壁成分降解，从而降低结构性碳水化合物含量[16]，但糖蜜添加量高于 3%则会因酵母菌过度繁殖引起发酵损失增加[17]。本研究发现，联合添加糖蜜和青贮宝可显著提高鲜稻草或凋萎稻草青贮 CP 和 Ca 含量，显著降低鲜稻草青贮的 NDF 含量，与包健等[18]利用复合益生菌和糖蜜发酵鲜食大豆

秸秆的结果一致。联合添加糖蜜和青贮宝可显著提高凋萎稻草青贮的丙酸含量，这与已有研究结果[19-20]相近，Alli 等[21]认为糖蜜促进异型发酵，使得部分乳酸进一步发酵为乙酸。凋萎后的稻草联合添加糖蜜和青贮宝会显著增加青贮后的丁酸含量，表明稻草青贮涉及乳酸菌、梭状芽胞杆菌、酵母菌和可发酵底物间复杂的代谢增殖过程，提示低水分稻草青贮是否需联合添加糖蜜和青贮宝有待进一步研究。

## 4 结　论

① 无论是否晾晒凋萎，稻草单独青贮不易成功。

② 添加糖蜜和青贮宝有利于稻草青贮发酵，改善感官品质，可不同程度提高稻草青贮的发酵品质和/或营养价值。

致谢：感谢南京农业大学动物科技学院邵涛教授对本试验构思及文稿所提的宝贵意见。

参考文献：

[1] 刘海燕,王秀飞,张维东,等.裹包青贮的研究进展[J].中国奶牛,2015(22):1–4.

[2] 朱小清,张文昌,邹长连,等.添加剂对稻草青贮品质的影响[J].福建农业学报,2014,29(1):17–24.

[3] 杨金勇,郑会超,蒋永清,等.添加统糠和青贮宝对裹包青贮芦笋茎叶发酵品质的影响[J].家畜生态学报,2016,37(5):42–45.

[4] 万里强,李向林,张新平,等.苜蓿含水量与添加剂组分浓度对青贮效果的影响研究[J].草业学报,2007,16(2):40–45.

[5] 刘秦华,张建国,卢小良.乳酸菌添加剂对王草青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J].草业学报,2009,18(4):131–137.

[6] 中华人民共和国农业部.青贮饲料质量评定标准(试行)[J].中国饲料,1996(21):5–7.

[7] 柳俊超,姜俊芳,宋雪梅,等.青贮饲料中主要有机酸的高效液相色谱分离分析[J].畜牧与兽医,2015,47(10):47–52.

[8] 许庆方.影响苜蓿青贮品质的主要因素及苜蓿青贮在奶牛日粮中应用效果的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2005:24–25.

[9] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Journal of Dairy Science,1991,74(10):3583–3597.

[10] 吴兆海,梁超,王永新,等.晾晒和添加剂对白羊草青贮的影响[J].草地学报,2012,20(4):768–771.

[11] 庄益芬,安宅一夫,张文昌.生物添加剂和含水率对紫花苜蓿和猫尾草青贮发酵品质的影响[J].畜牧兽医学报,2007,38(12):1394–1400.

[12] KIM J G,CHUNG E S,SEO S,et al.Effects of maturity at harvest and wilting days on quality of round baled rye silage[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2001,14(9):1233–1237.

[13] MANYAWU G J,SIBANDA S,MUTISI C,et al.The effect of pre-wilting and incorporation of maize meal on the fermentation of bana grass silage[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2003,16(6):843–851.

[14] CONAGHAN P,O'KIELY P,O'MARA F P.Conservation characteristics of wilted perennial ryegrass silage made using biological or chemical additives[J].Journal of Dairy Science,2010,93(2):628–643.

[15] 李茂,字学娟,周汉林,等.不同添加剂对柱花草青贮品质的影响[J].热带作物学报,2012,33(4):726–729.

[16] BAYTOK E,AKSU T,KARSLI M A,et al.The effects of formic acid,molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep[J].Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences,2005,29(2):469–474.

[17] WEINBERG Z G,CHEN Y,WEINBERG P.Ensiling olive cake with and without molasses for ruminant feeding[J].Bioresource Technology,2008,99(6):1526–1529.

[18]包健,盛永帅,蔡旋,等.复合益生菌发酵鲜食大豆秸秆工艺与饲用品质的研究[J].饲料研究,2015(9):1–6.

[19]陈鑫珠,刘远,高承芳,等.不同添加剂对葛藤青贮品质的影响[J].家畜生态学报,2015,36(8):50–54.

[20] REZAEI J,ROUZBEHAN Y,FAZAELI H.Nutritive value of fresh and ensiled amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) treated with different levels of molasses[J].Animal Feed Science and Technology,2009,151(1/2):153–160.

[21] ALLI I,FAIRBAIRN R,NOROOZI E,et al.The effects of molasses on the fermentation of chopped whole-plant leucaena[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2006,35(3):285–289.

## Effects of Wilting and Addtives on Fermentation Quality and Nutritional Value of Round-Baled Rice Straw Silages

ZHENG Huichao[1] YANG Jinyong[2] YING Rulang[3] HUANG Xin[1] WU Jianliang[1] JIANG Yongqing[1*]

(1. *Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science*, *Zhejiang Academy Agricultural Science*, *Hangzhou* 310021, *China*; 2. *Zhejiang Province Animal Husbandry Technology Promotion Station*,

*Corresponding author, professor, E-mail： jyq61@sohu.com (责任编辑 菅景颖)

*Hangzhou* 310021, *China*; 3. *Ningbo Liansheng Dairy Farm*, *Yuyao* 315400, *China*)

Abstract: The aim of this study was to determine the effects of wilting and additives on fermentation quality and nutritional value of round-baled rice straw silages. Four groups were allocated both on fresh and wilting 24 h rice straw [the dry matter (DM) to fresh matter (FM) ratio was 36.5% and 42.3%, respectively] harvested on the end of October. The four groups were control group, molasses group (only adding molasses), *Qingzhubao* group (only adding *Qingzhubao*) and_molasses+*Qingzhubao* group (both adding molasses and *Qingzhubao*), and each group made 3 round bales. After rice straw round baled and ensiled for 50 days on open cement floor, each silage round bale was opened to evaluate sensory quality, fermentation parameters and nutritional value. The results showed that whatever fresh or wilting, rice straw alone was hard to achieve good silage. Adding additives such as molasses and *Qingz*hubao were beneficial to round baled silage of rice straw. Only adding *Qingzhubao* could significantly decrease the ammoniacal nitrogen ($NH_3$-N) content in wilting rice straw silage （$P<0.05$）. Only adding molasses could significantly increase acetic acid content ($P<0.05$) and significantly decrease neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents in wilting rice straw silage （$P<0.05$）. Both adding molasses and *Qingzhubao* could significantly increase the crude protein (CP) and calcium (Ca) content （$P<0.05$） in fresh or wilting rice straw silage ($P<0.05$), significantly decrease the NDF content in fresh rice straw silage and $NH_3$-N content in wilting rice straw silage （$P<0.05$）, and significantly increase the acetic acid, propionic acid and butyric acid contents in wilting rice staw silage ($P<0.05$). Wilting significantly decreased the DM recovery rate and propionic acid content of rice straw silages （$P<0.05$）, but significantly increased the CP and $NH_3$-N contents of rice straw silages （$P<0.05$）. In all, rice straw alone is hard to achieve good silage. Adding *Qingzhubao* or/and molasses are benefit to improve the fermentation quality of rice straw silages, and rice straw need optimal wilting before ensiling.

Key words: rice straw; round baled silage; wilting; molasses; *Qingzhubao*; fermentation quality; nutritional value